

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-335662

(43) 公開日 平成5年(1993)12月17日

(51) Int.Cl.⁵

H 0 1 S 3/094

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

8934-4M

H 0 1 S 3/094

S

審査請求 未請求 請求項の数5(全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平4-134869

(22) 出願日 平成4年(1992)5月27日

(71) 出願人 000113263

ホーヤ株式会社

東京都新宿区中落合2丁目7番5号

(72) 発明者 藤野 正志

東京都新宿区中落合2丁目7番5号 ホー

ヤ株式会社内

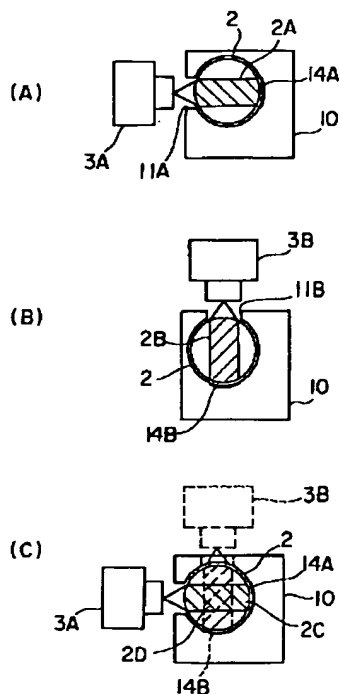
(74) 代理人 弁理士 服部 毅巖

(54) 【発明の名称】 固体レーザー装置

(57) 【要約】

【目的】 固体レーザー媒質を励起しレーザー光を出力する固体レーザー装置に関し、高効率、高出力でかつビーム品質の良い発振レーザー光を得るようにする。

【構成】 複数の半導体レーザー光源3A、3Bは、固体レーザー媒質2の光軸方向の異なる区分毎にかつ固体レーザー媒質2の周方向の角度が互いに異なるように設けられる。半導体レーザー光源3Aからの励起光は励起領域2Aを形成し、半導体レーザー光源3Bからの励起光は励起領域2Bを形成し、その励起領域2Aと2Bとを足し合わせた励起領域2Cにおいて最も励起強度が強くなるのは、光軸付近の励起領域2Dである。このように、励起強度が光軸付近の励起領域2Dに集中するので、高出力の発振レーザー光が得られ、また、高次の空間モードが発生しにくくなるため、発振レーザー光は低次で高品質の空間モードとなる。さらに、固体レーザー媒質2の異なる区分毎に複数の方向から励起するので、反射部14A、14Bの面積を適正に確保することができ吸収効率も高くなる。



1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 励起光によって固体レーザ媒質を励起しレーザ光を出力する固体レーザ装置において、固体レーザ媒質と、

前記固体レーザ媒質の光軸方向の異なる区分毎にかつ前記固体レーザ媒質の周方向における励起光の入射角度が互いに異なるように設けられ、前記固体レーザ媒質の光軸に向けて励起光を出射する複数の半導体レーザ光源と、

前記半導体レーザ光源に対向して設けられ、前記固体レーザ媒質を通過した前記励起光を反射する反射部と、を有することを特徴とする固体レーザ装置。

【請求項2】 励起光によって固体レーザ媒質を励起しレーザ光を出力する固体レーザ装置において、固体レーザ媒質と、

前記固体レーザ媒質を保持する固定部と、前記固定部に設けられ、前記固体レーザ媒質の光軸方向の異なる部分でかつ前記固体レーザ媒質の周方向で異なる位置に開口する複数の開口部と、

前記開口部毎に設けられ、前記開口部から前記固体レーザ媒質の光軸中心に向けて励起光を出射する半導体レーザ装置と、

前記半導体レーザ装置に対向して設けられ、前記固体レーザ媒質を通過した前記励起光を反射する反射部と、を有することを特徴とする固体レーザ装置。

【請求項3】 前記半導体レーザ装置は、放熱作用を有する前記固定部に設けられた前記開口部に挿入されると共に、前記固定部に接触していることを特徴とする請求項2記載の固体レーザ装置。

【請求項4】 前記半導体レーザ装置は、前記開口部毎に複数個設けられることを特徴とする請求項2記載の固体レーザ装置。

【請求項5】 励起光によって固体レーザ媒質を励起しレーザ光を出力する固体レーザ装置において、固体レーザ媒質と、前記固体レーザ媒質の光軸方向に設けられ前記固体レーザ媒質の光軸に向けて励起光を出射する半導体レーザ光源と、前記半導体レーザ光源に対向して設けられ前記固体レーザ媒質を通過した前記励起光を反射する反射鏡とから構成される励起部が、前記励起光の進行方向が互いに異方向となるように光学的に直列に複数設けられることを特徴とする固体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は励起光によって固体レーザ媒質を励起しレーザ光を出力する固体レーザ装置に関し、特に固体レーザ媒質の側面から半導体レーザ光源によって固体レーザ媒質を励起する固体レーザ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体レーザ光を励起光に用いた半導体

レーザ励起固体レーザ装置は、従来のランプ励起の固体レーザ装置に比べて、小型、高効率で長寿命のレーザ光源として有望視されている。この半導体レーザ励起固体レーザ装置（以下「固体レーザ装置」という。）としては、固体レーザ媒質の側面から半導体レーザ光を入射して固体レーザ媒質を励起し、より高出力のレーザ光を得るようにした側面励起法によるものが一般に知られている（特開平2-54588）。

【0003】図10は上記従来の側面励起方式の固体レーザ装置を示す図である。図では、固体レーザ装置の励起部の断面を示す。固体レーザ装置は、円柱状の固体レーザ媒質2M、固体レーザ媒質2Mを保持する固定部10M及び半導体レーザ装置3Mから構成される。半導体レーザ装置3Mは固体レーザ媒質2Mの光軸方向に沿って複数個一列に並べられている。固定部10Mの側面下端側には開口部11Mが設けられ、半導体レーザ装置3Mの励起光は、その開口部11Mから固体レーザ媒質2Mに入射する。したがって、励起光は固体レーザ媒質2Mの中心軸からずれて入射する。固定部10Mの固体レーザ媒質2Mと接する面13Mは、その全周が反射鏡として形成されているため、入射した励起光は、その反射鏡13Mで多重反射され、固体レーザ媒質2Mに吸収される。その結果、固体レーザ媒質2Mの内部が均一に励起される。その際に固体レーザ媒質2Mにおいて発生する熱は、固定部10Mを伝わって放熱器10Nから外部に放出される。この励起部を2枚のミラーで構成した共振器内に配置することにより、レーザ光が発振する。

【0004】この従来例の特徴は、励起光を固体レーザ媒質2Mの中心軸からずらして一方向から入射し、反射鏡13Mで多重反射させて固体レーザ媒質2Mを均一励起していることである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記従来の側面励起法による固体レーザ装置には2つの問題点がある。いずれも固体レーザ媒質2Mを均一励起するために生じる問題点である。

【0006】問題点の第1は、入力に対する発振レーザ光の出力が低いことである。発振レーザ光の出力は励起密度が高いほど強くなる。すなわち、励起光の入力が同じであれば小さな領域を集中して励起したほうがより高出力の発振光が得られる訳である。したがって、従来の側面励起法のように、固体レーザ媒質全体を励起した場合には、集中して励起する場合に比べて低い出力しか得られなかった。発振レーザ光の出力を上げるためには半導体レーザ光源の数を増やせばよい。従来の側面励起法では複数の方向から励起光を入力する場合に、固体レーザ媒質2Mの同一部分にすべての励起光を入力していた。このため、励起光の導入口（開口部）が増えてしまうので、その励起光毎に対応して設ける必要がある反射鏡の面積が十分に取れない。反射鏡の面積が少ないと励

起光は十分に固体レーザー媒質2 Mに吸収されず、吸収効率が低下してしまう。したがって、出力を上げるために複数の励起光を入力するのも困難であった。

【0007】問題点の第2は、発振光が高次の空間モードになりやすいことである。従来の側面励起法では、固体レーザー媒質の周縁部の励起強度は光軸（中心軸）付近の励起強度と同じであるため、光軸付近と同様に周縁部でもレーザー発振が起きる。このため、発振光の強度分布は中央付近から周囲にかけて強度が一定なフラットトップと呼ばれる強度分布になる。こうした高次の空間モードのレーザー光は、レンズを使って小さく絞ることが難しく、レーザー加工などの用途に不適であった。

【0008】本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、高効率、高出力でかつビーム品質の良い発振レーザー光を得ることができる固体レーザー装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】図1は本発明の原理説明図である。図では励起を受けている固体レーザー媒質の横断面を示し、(A)は手前側の断面を、(B)は奥側の断面を、(C)は(A)と(B)を合成した場合をそれぞれ示す。図において、本発明の固体レーザー装置は、固体レーザー媒質2と、固体レーザー媒質2の光軸に向けて励起光を出射する複数の半導体レーザー光源3 A、3 Bと、半導体レーザー光源3 A、3 Bに対向して設けられ固体レーザー媒質2を通過した励起光を反射する反射部1 4 A、1 4 Bとから構成される。複数の半導体レーザー光源3 A、3 Bは、固体レーザー媒質2の光軸方向の異なる区分毎にかつ固体レーザー媒質2の周方向における励起光の入射角度が互いに異なるように設けられる。

【0010】

【作用】複数の半導体レーザー光源3 A、3 Bは、固体レーザー媒質2の光軸方向の異なる区分毎にかつ固体レーザー媒質2の周方向における励起光の入射角度が互いに異なるように設けられ、固体レーザー媒質2の光軸に向けて励起光を出射する。その励起光は、半導体レーザー光源3 A、3 Bに対向して設けられた反射部1 4 A、1 4 Bで反射される。このため、すべての励起光は、固体レーザー媒質2の異なる部分に入射し、固体レーザー媒質2の光軸に向かって進行し、さらに隣接する励起光の進行方向は互いに異なる方向となる。例えば、半導体レーザー光源3 Aから出射した励起光は、図1 (A) に示すように、固体レーザー媒質2の光軸を通り反射部1 4 Aで反射して斜線で示した励起領域2 Aを形成する。また、半導体レーザー光源3 Bから出射した励起光は、図1 (B) に示すように、固体レーザー媒質2の光軸を通り反射部1 4 Bで反射し、図1 (A) に示した励起領域2 Aとは異なる方向に励起領域2 Bを形成する。発振レーザー光の特性は、固体レーザー媒質2の励起領域を光軸方向に積算した励起分布に依存する。したがって、図1 (A) の励起領域2 A

と図1 (B) の励起領域2 Bとを足し合わせた図1 (C) の励起領域2 Cが発振レーザー光の出力と空間モードに反映する。図1 (C) の励起領域2 Cで最も励起強度が強いのは、励起領域2 Aと励起領域2 Bの重なる光軸付近の励起領域2 Dである。このように、励起強度が光軸付近の励起領域2 Dに集中するので、高出力の発振レーザー光が得られる。また、固体レーザー媒質2の側面側（周縁部）の励起強度は弱くなり、高次の空間モードが発生しにくくなるため、発振レーザー光は低次で高品質の空間モードとなる。さらに、固体レーザー媒質2の異なる区分毎に複数の方向から励起するので、同一部分を複数の方向から励起する場合に比べて反射部の面積を適正に確保することができる。このため、励起光の吸収効率が高くなる。すなわち、高効率、高出力でかつビーム品質の良い発振レーザー光が得られる。

【0011】

【実施例】以下、本発明の一実施例を図面に基づいて説明する。図2は本発明の固体レーザー装置の構成を概略的に示す図である。図において、本発明の固体レーザー装置は、固体レーザー媒質2 0、固定部1 0 0、半導体レーザー装置3 1、3 2、及び2枚のミラー5 0、6 0から構成される。

【0012】固体レーザー媒質2 0はNd : YAG結晶ロッドであり、直径2 mm、長さ2 0 mmの円柱状に形成されている。その側面は励起光が入射する際に散乱が少ないように研磨され、また、両端面は平面研磨されて発振波長に対する反射防止膜が施されている。

【0013】固定部1 0 0は銅製で略柱状に形成されている。この固定部1 0 0は空洞部1 3 0及び開口部1 1 0、1 1 1を有する。また、固定部1 0 0には、ここでは図示されていない冷却器が取り付けられる。この冷却器は電子冷却器あるいは循環水冷却器であり、固体レーザー媒質2 0の熱を放出すると共にその温度制御をも行う。電子冷却器は、例えばペルチェ効果を持つ熱電素子を使用したものである。空洞部1 3 0は、固定部1 0 0の中央に孔加工で円筒状に設けられ、上記固体レーザー媒質2 0を保持している。空洞部1 3 0の内周面と固体レーザー媒質2 0の側面との間には、透明で熱抵抗の小さな材質の接着剤が挿入され充填されている。

【0014】空洞部1 3 0の内周面には反射鏡1 4 0及び1 4 1（図3）が形成されている。この反射鏡1 4 0及び1 4 1は、空洞部1 3 0の内周面に施された金メッキまたは誘電体多層膜であり、半導体レーザー装置3 1、3 2に対向する位置に設けられる。この金メッキまたは誘電体多層膜によって励起光が反射されると共に、固体レーザー媒質2 0の熱は固定部1 0 0側に効率良く伝わり固体レーザー媒質2 0が冷却される。なお、反射鏡1 4 0及び1 4 1は、反射率が高く熱伝導性と伸長性の優れた金属薄膜、例えば金箔や銀箔を固体レーザー媒質2 0と固定部1 0 0との間に挟むような構成にすることもでき

る。このような構成にすると、固体レーザ媒質20と固定部100との間に挟まれた金属薄膜が微小な凹凸のある隙間を埋めるため、固体レーザ媒質20と固定部100との間の熱抵抗がさがる。したがって、固体レーザ媒質20の冷却をより効率良く行うことができるようになる。

【0015】開口部110及び111は、固体レーザ媒質20の光軸方向の異なる部分でかつ固体レーザ媒質20の円周方向の異なる位置で開口するように設けられている。その開口部110、111毎に、開口部110、111と一体に半導体レーザ装置31及び32が設けられる。このように、半導体レーザ装置31及び32を開口部110及び111と一体に設けることにより、半導体レーザ装置31及び32及び固体レーザ媒質20の温度制御や冷却を固定部100に設けた一つの冷却器で同時に行うことができるようになる。したがって、半導体レーザ装置31、32及び固体レーザ媒質20の温度制御機構を簡略化でき、冷却器も小型化することができる。ここで、半導体レーザ装置31及び32の発振特性が互いに異なるために、それぞれの制御温度を変える必要がある場合は、半導体レーザ装置31及び32と固定部100との間に熱抵抗が互いに異なる板材を挟むように構成すればよい。

【0016】半導体レーザ装置31及び32は、例えば出力が10W程度のものであり、出射光の波長は固体レーザ媒質20の吸収波長に一致するように選ばれる。この実施例では809nmである。

【0017】上述した固体レーザ媒質20、固定部100、半導体レーザ装置31及び32によって励起部100Aが構成される。その励起部100Aの両端には、固体レーザ媒質20と同軸上に全反射ミラー50及び出力ミラー60が設けられ、全体としてレーザ共振器が構成される。全反射ミラー50は、曲率半径が1mの凹面鏡であり合成石英で形成される。全反射ミラー50のレーザ共振器構成面には、発振レーザ光の波長でほぼ100%反射するように誘電体多層膜が施されている。出力ミラー60も、全反射ミラー50と同様に、曲率半径が1mの凹面鏡であり合成石英で形成される。出力ミラー60のレーザ共振器構成面には、発振レーザ光の波長で約90%反射するように誘電体多層膜が施されている。全反射ミラー50と出力ミラー60との間の距離、すなわちレーザ共振器としての長さは約10cmである。

【0018】半導体レーザ装置31及び32は、上述したように、固体レーザ媒質20の光軸方向に互いにずれた位置での開口部110及び111に設けられる。このため、半導体レーザ装置31及び32から出射された励起光は、互いに固体レーザ媒質20の光軸方向にずれた部分を励起することになる。

【0019】従来方法によると、固体レーザ媒質20を複数の方向から励起する場合は、固体レーザ媒質20の

同一部分を励起していたので、同一部分での励起光の導入口が増え、反射鏡の面積を十分に取ることができなかった。このため、励起光は固体レーザ媒質20に十分に吸収されなかった。これに対し、上述したように、固体レーザ媒質20の互いにずれた部分を励起するように構成したので、固体レーザ媒質20の各部分には、一つの導入口110Aまたは111A（図3）を設けるだけでよい。このため、反射鏡140及び141（図3）に十分な面積を確保することができる。したがって、励起光の吸収効率が改善され、励起光は固体レーザ媒質20に十分吸収されるようになる。

【0020】また、従来方法では複数方向から励起する場合、固体レーザ媒質の同一部分が集中して励起される。さらに、その同一部分で励起光の導入口が増える結果、固体レーザ媒質は固定部で覆われる面積が少なくなり、固体レーザ媒質から固定部を経由して放出される熱も低減してしまう。このため、固体レーザ媒質は冷却が不十分となり、温度も非常に高くなっていった。したがって、固体レーザ媒質が熱によって劣化したり、熱歪みにより発振レーザ光のビーム品質が悪化したりしていた。これに対し、本実施例では、固体レーザ媒質20の各部分に分散して励起光が出射される。また、その各部分には一つの導入口110Aまたは111Aを設けるだけでよいので、固体レーザ媒質20は固定部100によってその大部分が覆われる。このため、固体レーザ媒質20から固定部100への放熱を円滑に行うことができる。したがって、固体レーザ媒質20は冷却が十分に行われ、その温度も適正に制御することができ、固体レーザ媒質20の熱による劣化や熱歪みによる発振レーザ光のビーム品質悪化を防止できる。

【0021】図3は図2のA矢視図である。図に示すように、半導体レーザ装置31及び32は開口部110及び111に一体に設けられ、半導体レーザ装置31、32から出射された励起光の進行方向は互いに直交する。半導体レーザ装置31から出射した励起光は、固体レーザ媒質20の光軸を通り反射部140で反射して斜線で示した励起領域20Aを形成する。また、半導体レーザ装置32から出射した励起光は、固体レーザ媒質20の光軸を通り反射鏡141で反射して励起領域20Bを形成する。ところで、発振レーザ光の特性は、固体レーザ媒質20の励起領域を光軸方向に積算した励起分布に依存する。したがって、励起領域20Aと励起領域20Bとを足し合わせた励起領域が発振レーザ光の出力と空間モードに反映する。この足し合わせた励起領域で最も励起強度が強いのは、励起領域20Aと励起領域20Bの重なる光軸付近の励起領域20Dである。このように、励起強度が光軸付近の励起領域20Dに集中するので、高出力の発振レーザ光を得ることができる。また、固体レーザ媒質20の側面側の励起強度は弱くなり、高次の空間モードが発生しにくくなるため、発振レーザ光は低

次で高品質の空間モードとなる。すなわち、高出力でかつビーム品質の良い発振レーザ光を得ることができる。

【0022】図4及び図5は本発明の第2の実施例を示す図であり、図4は本発明の固体レーザ装置の斜視図、図5はそのB矢視図である。第1の実施例との相違点は、固定部101の開口部112及び113の各々に、複数個（例えば4個）の半導体レーザ装置33～36及び37～40を設けるように構成した点である。これらの半導体レーザ装置33～36及び37～40は、第1の実施例と同様に、励起光の進行方向が光軸を向くように配置されており、その対向する位置に反射鏡142及び143（図5）が設けられている。

【0023】本実施例の特徴は、多くの方向から励起光を入射しているにもかかわらず、半導体レーザ装置33～36及び37～40の対向する位置に反射鏡142及び143を設けることができることにある。このため、励起光が外部に漏れて無駄になるのを防ぐことができ、その分吸収効率を高めることができる。また、第1の実施例に比べて励起光の入力が多くなるので、高出力の発振レーザ光を得ることができる。なお、この構成の場合、固体レーザ媒質21の発熱が増加するので、半導体レーザ装置33～36及び37～40側の冷却用に別の冷却手段を設ける必要がある。

【0024】図6は本発明の第3の実施例を示す図である。第1の実施例との相違点は、固体レーザ装置に複数（例えば2個）の励起部102A及び103Aを設け、その励起部102A及び103Aを光学的に直列に配置するように構成した点である。ここでは、励起部102A及び103Aを直線上に配置したが、その他の配置として例えば折り返し型も可能である。励起部102A側の固定部102には開口部114が、また励起部103A側の固定部103には開口部115がそれぞれ設けられる。励起部102A及び103Aはこの開口部114及び115が互いに異方向となるように配置される。例えば励起部が2個の場合は、図に示すように開口部114及び115が互いに反対方向となるように、また3個以上の場合は、各開口部の向きが光軸回りの円周上で等分割となるように配置される。開口部114及び115には、各2個の半導体レーザ装置41、42及び43、44が設けられる。

【0025】図7は図6のC矢視図である。図に示すように、半導体レーザ装置41、42から出射された励起光の進行方向は互いに直交し、励起強度が光軸付近の励起領域22Dに集中しており、高出力で高ビーム品質の発振レーザ光が得られる。

【0026】このような構成の固体レーザ装置においては、固体レーザ媒質22及び23は、その開口部114及び115側で固定部102及び103に接しない。このため、固体レーザ媒質22及び23の内部で、固定部102及び103と接している側と接していない側とで

温度勾配が生じる。したがって、固体レーザ媒質22及び23に熱歪みが生じやすくなり、発振レーザ光のビームが屈折したり、ビーム形状が歪んだりする。この熱歪みを除去するために、本実施例では、励起部102A及び103Aの上下を反対にして配置し、各励起部102A、103Aでの熱歪みの効果を相殺するようにした。このように各励起部102A等を配置することにより、各励起部102A等で発生する熱歪みによる影響は全体のレベルで解消される。したがって、励起部102A等の個数を増やすことにより、容易に高出力化を図ることができ、しかも熱歪みの影響が除去された高ビーム品質の発振レーザ光を得ることができる。

【0027】図8は本発明の第4の実施例を示す図である。第1の実施例との相違点は、固体レーザ媒質24を光軸方向に沿って4箇所から励起するように構成した点である。すなわち、図に示すように、固体レーザ媒質24の光軸方向に沿って互いに異なる位置で、その光軸回りを等分割するように開口部116、117、118及びここでは図示しないさらにもう一箇所の開口部が設けられる。その開口部116等毎に配置された半導体レーザ装置45～48から励起光が出射される。

【0028】図9は図8のD矢視図である。図に示すように、4個の半導体レーザ装置45～48から出射された励起光は互いに直交するため、励起強度が光軸付近の励起領域24Dに集中する。したがって、高ビーム品質の発振レーザ光を得ることができると共に、第1の実施例の場合よりもさらに高出力の発振レーザ光を得ることができる。

【0029】上記の各実施例では、半導体レーザ装置からの励起光を直接固体レーザ媒質に入射するようにしたが、その励起光を光ファイバで固体レーザ媒質に導光するように構成することもできる。

【0030】

【発明の効果】以上説明したように本発明では、複数の半導体レーザ光源が、固体レーザ媒質の光軸方向の異なる区分毎にかつ固体レーザ媒質の周方向における励起光の入射角度が互いに異なるように設けられると共に、その複数の半導体レーザ光源から出射された励起光が固体レーザ媒質の光軸に向けて進行するように構成した。

【0031】このため、すべての励起光は、固体レーザ媒質の異なる部分に入射し、固体レーザ媒質の光軸に向かって進行し、さらに隣接する励起光の進行方向は互いに異なる方向となる。したがって、光軸付近が集中的に励起されることになり、均一に励起されていた従来方法に比べて高出力の発振レーザ光を得ることができる。

【0032】また、固体レーザ媒質の周縁部の励起強度は弱くなり、高次の空間モードが発生しにくくなるため、発振レーザ光は低次で高品質の空間モードとなる。さらに、固体レーザ媒質の異なる区分毎に複数の方向から励起するので、同一部分を複数の方向から励起する場

9

合に比べて反射部の面積を適正に確保することができる。このため、励起光の吸収効率が高くなる。すなわち、高効率、高出力かつビーム品質の良い発振レーザー光を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理説明図である。

【図2】本発明の固体レーザー装置の構成を概略的に示す図である。

【図3】図2のA矢視図である。

【図4】本発明の第2の実施例を示す図である。

【図5】図4のB矢視図である。

【図6】本発明の第3の実施例を示す図である。

【図7】図6のC矢視図である。

【図8】本発明の第4の実施例を示す図である。

10

【図9】図8のD矢視図である。

【図10】従来の側面励起方式の固体レーザー装置を示す図である。

【符号の説明】

2, 20, 21, 22, 23, 24 固体レーザー媒質

3A, 3B 半導体レーザー光源

10, 100, 101, 102, 103, 104 固定部

11A, 11B, 110~118 開口部

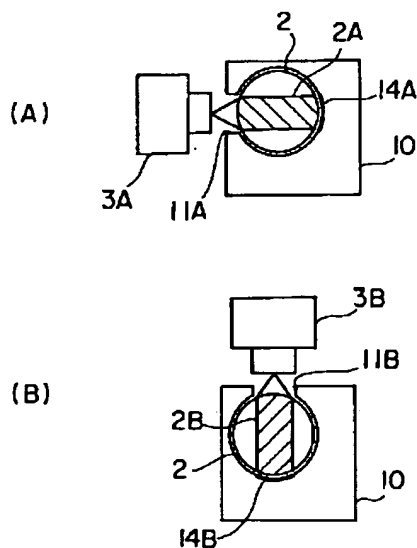
10 31~48 半導体レーザー装置

14A, 14B 反射部

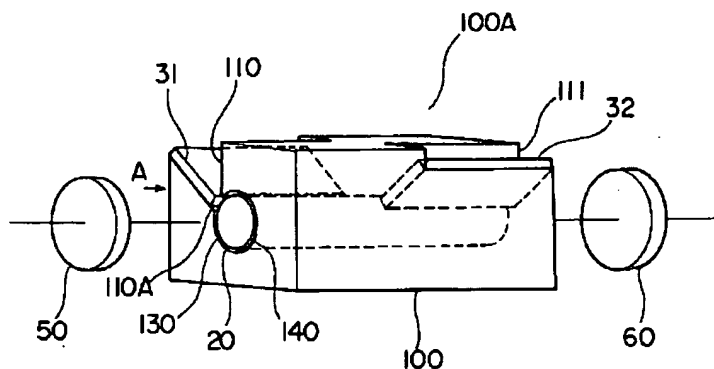
130~134 空洞部

140~149 反射鏡

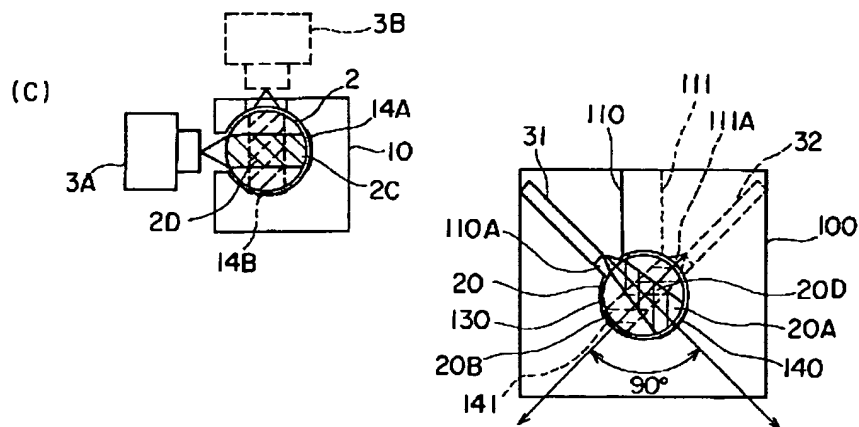
【図1】



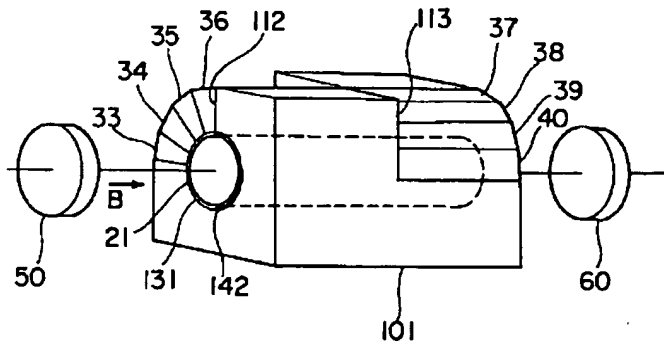
【図2】



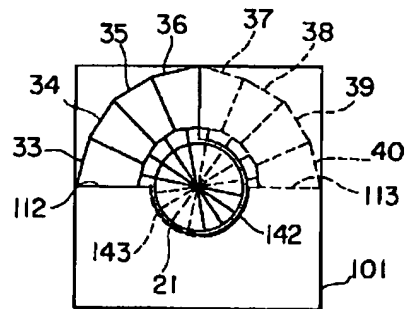
【図3】



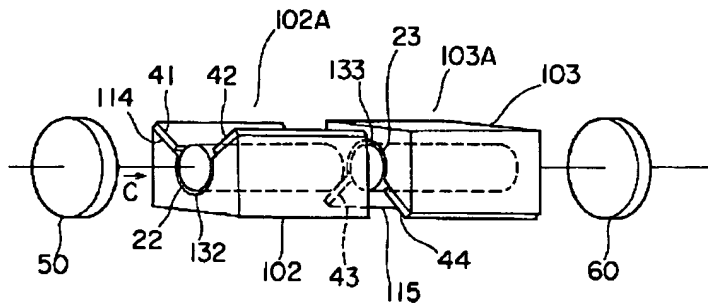
【図4】



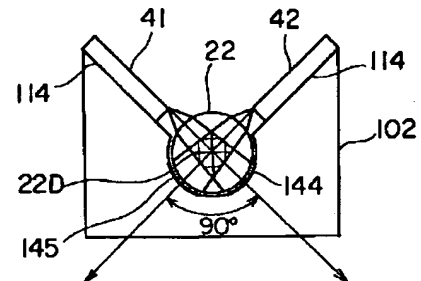
【図5】



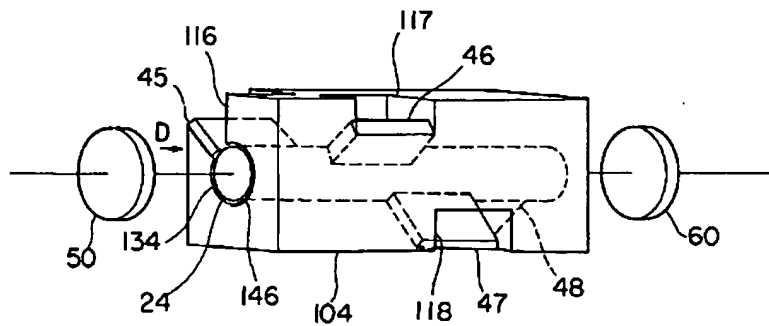
【図6】



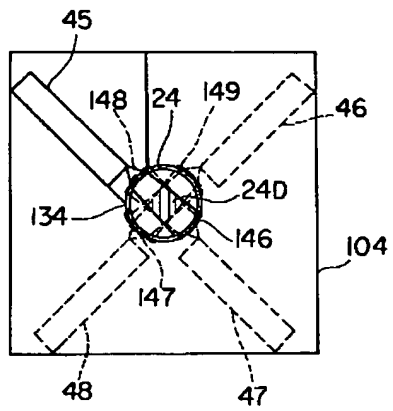
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

